

实现机器人操作系统—— ADI Trinamic电机控制器 ROS1驱动程序简介

Krizelle Paulene Apostol, 软件系统工程师
Jamila Macagba, 高级软件系统工程师, 和
Maggie Maralit, 软件系统设计工程经理

摘要

机器人操作系统(ROS)驱动程序基于ADI产品而开发, 因此可直接在ROS生态系统中使用这些产品。本文将概述如何在应用、产品和系统(例如, 自主导航、安全气泡地图和数据收集机器人)中使用和集成这些驱动程序; 以及这样将如何有助于迅速评估新技术, 并避免出现与第三方产品的互操作性问题。在本文探讨的所有产品中, 将重点关注最近发布的用于**ADI Trinamic™电机控制器**的ROS驱动程序, 该驱动程序是用于嵌入式运动控制的完整板级模块, 融合ADI Trinamic运动控制专业知识, 以及ADI的模拟工艺技术和电源设计技能。¹

什么是ROS?

ROS是机器人中间件, 包含一组软件库和强大的开发工具(从驱动程序到先进算法), 可作为机器人系统或应用的开发基础。ROS涉及多领域(例如, 消费电子、工业、汽车等), 支持多个平台(Linux、Windows、MacOS和一些嵌入式平台), 而且100%开源, 并提供商业选项。得益于来自全球技术社区的专用资源, ROS可获得丰富的支持, 从而帮助用户简化其设计和应用。

该技术的工作原理是什么?

ROS始于2007年, 已成为自动驾驶汽车、工业机器人、飞行器等领域备受欢迎的机器人开发原型制作平台。经过不断发展, 该技术现在有两个版本: ROS1和ROS2。

ROS1和ROS2系统必须相互隔离, 但通过ROS桥, 这两个系统之间可进行通信和交换数据。有关更多信息, 请访问[ros2/ros1_bridge](#)页面。

表1. ROS1和ROS2的主要区别²

因素	ROS1	ROS2
通信协议	XMLRPC + TCPROS	DDS
架构	ROS主控制器 + 分布式	完全分布式
构建系统	Catkin (基于cmake)	colcon/ament (基于cmake)
构建输出	ros_ws/devel	ros_ws/install
参数	全局参数服务器 动态重新配置	每节点参数
发布	XML	Python (+XML、YAML替代语言)
命令	roslaunch、roslun、rostopic等	ros2 launch、ros2 run、ros2 topic等
平台	主要是ubuntu	Linux、MacOS、Windows

ROS支持的平台

ROS Noetic是ROS1的最终版本, 将于2025年5月终止支持, 而ROS2自2020年6月推出以来, 不断滚动更新发行版。

如需获取完整列表, 请查看这些链接, 以了解[ROS1支持的平台](#)和[ROS2支持的平台](#)。

ROS基本概念

图1显示了ROS的一些基本概念，包括功能包、节点、主题、服务和消息。

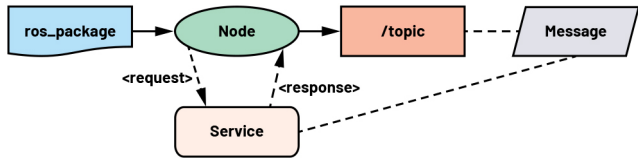


图1. ROS基本数据流。

注：对ROS1和ROS2而言，下文讨论的ROS基本概念相似。

功能包

ROS功能包是ROS程序或节点的主要组织系统。这是ROS中最核心的构建/发布项。创建ROS功能包时，请务必设置专用的ROS工作空间。该工作空间被称为catkin工作空间，其中catkin是ROS的官方构建系统。

节点

ROS节点是在ROS中创建的可执行程序。它们是执行特定任务的进程。ROS节点可使用ROS客户端库（如Python客户端库rospy和C++客户端库roscpp）相互通信。节点可以订阅和/或发布主题，也可以提供或使用服务。³

主题

ROS主题是ROS节点生成（或者发布，用ROS的术语来说）的数据通道。

在ROS中，发布者节点是主题的广播者，而订阅者节点是主题的收听者。

在图2中，generic_motor_control的节点是广播者。/cmd_vel是velocity_publisher发布主题。这表示，velocity_publisher提供基于电机控制（或命令速度）的速度信息。

而ros_application的节点是收听者，velocity_subscriber订阅主题/cmd_vel。这表示，velocity_subscriber访问或使用velocity_publisher提供的速度信息。

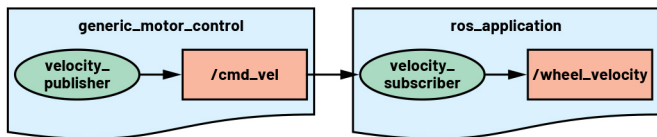


图2. 发布者-订阅者。

消息

主题是数据通道，而消息是数据，采用与ROS兼容、适用于不同传感器的格式。

以下是适用于ROS消息格式的示例传感器：

- ▶ 飞行时间(ToF)摄像头：sensor_msgs/Image、sensor_msgs/PointCloud
- ▶ 惯性测量单元(IMU)传感器：sensor_msgs/Imu

- ▶ 电机控制：geometry_msgs/Twist
- ▶ 车轮编码器：geometry_msgs/TwistStamped、geometry_msgs/TwistWithCovarianceStampe

ROS主题通过发送消息（主题发布者）或接收消息（主题订阅者）进行通信，并且必须采用匹配的数据类型。

例如，在图2中，来自velocity_publisher节点的速度信息（命令速度）希望被velocity_subscriber节点访问/使用。如果主题发布者velocity_publisher使用数据类型geometry_msgs/Twist，则主题订阅者velocity_subscriber也应使用相同的数据类型。

服务

发布者-订阅者通信模式是开放式模式，不适用于分布式系统中通常需要的回复交互。⁴

服务支持节点通过发送请求和接收响应进行通信。发布者-订阅者通信模式使用.srv文件，在这些文件中，指定了请求和响应的消息类型等服务描述。

服务是双向同步通信模式，其中包含客户端和服务端。服务端节点提供服务，而客户端节点发送请求并等待服务端节点做出响应。

例如，在图3中，server_node提供服务SetVelocity.srv以更改命令速度vel。该服务接受float32格式的速度值，并以字符串格式返回状态；如果设置了请求的速度，则为“success”；否则，为“FAIL”。

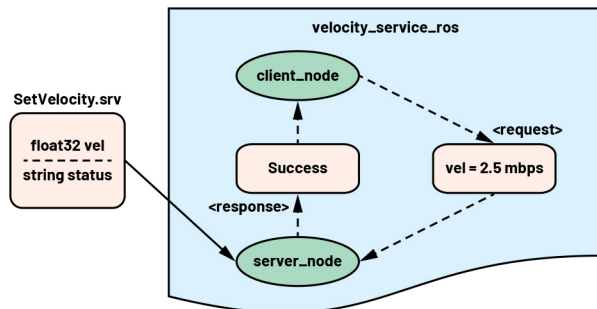


图3. 使用服务示例。

client_node发送请求，将命令速度设置为2.5 mbps。server_node收到请求后，立即发送“success”响应。

将ADI解决方案集成到ROS生态系统中

ADI是ROS-Industrial联盟的正式成员，ROS-Industrial是一个开源项目，旨在将ROS软件的高级功能扩展到与工业相关的硬件与应用。⁵作为该技术社区的一份子，ADI最初的目标是面向工业领域开发专用模块。

ADI针对不同的专用模块开发了ROS驱动程序。为了展示所开发的驱动程序并利用ROS的功能，ADI公司开发了ADI自主移动机器人(ADAM)作为内部自主移动平台（参见图4）。



图4. ADAM。

ADAM：ADI自主移动机器人

ADAM由ROS提供支持，并搭载ROS支持的不同器件。该平台展示了ADI公司的ROS驱动程序如何集成到移动机器人应用中，特别是自主导航应用。

图5所示为具有不同模块的ADAM的简化硬件图。该ADAM主要连接以下器件：

- ▶ **ADIS16470**或**IMU**传感器采用精密陀螺仪、加速度计、磁力计和压力传感器的多轴组合，这些器件主要用作检测反馈，用于改善位置/方向估算。
- ▶ **ADBMS6948**是一款多单元电池监控器，可测量多达16个串联连接的电芯，在整个温度范围内具有较高的测量精度。
- ▶ **EVAL-ADTF3175D-NXZ**或**CMOS ToF**提供出色的高分辨率，与深度计算和处理、激光驱动器、电源管理以及具有参考固件/软件的开发工具相辅相成，可带来更多优势。
- ▶ ADI Trinamic电机控制器是用于**嵌入式运动控制**的完整板级解决方案，融合ADI Trinamic运动控制专业知识，以及ADI的模拟工艺技术和电源设计技能。¹

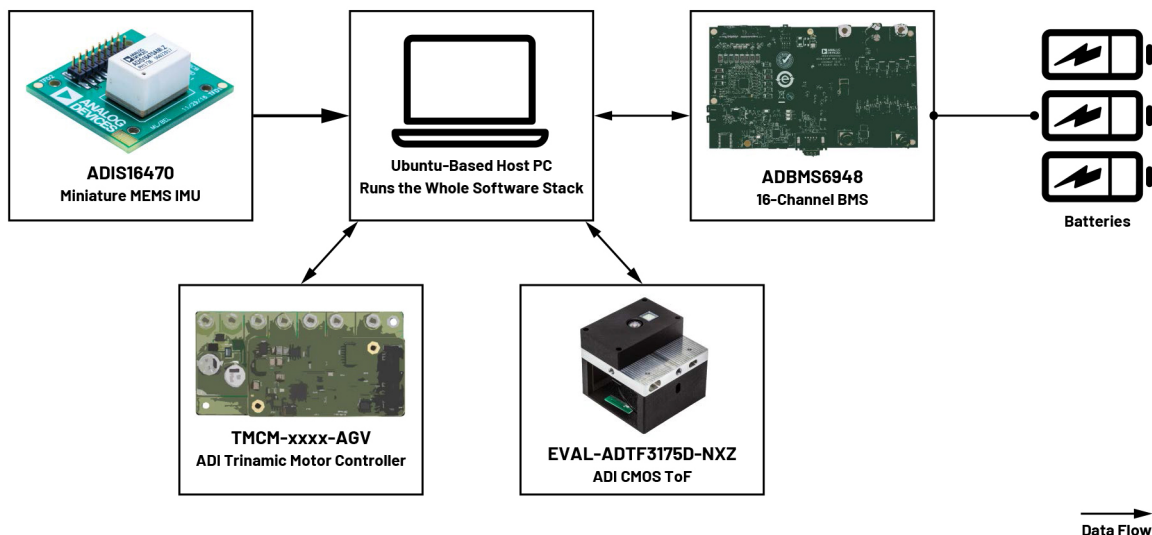


图5. ADAM的简化硬件图。

图6所示为ADAM的简化ROS架构，该ADAM使用ROS驱动程序和自主导航所需的多个应用/算法节点。IMU数据(/imu/data_raw)和ADI Trinamic电机控制器反馈(/tmc_info)用作姿态估算的输入，从而得到机器人的里程测量结果(/odom)。激光雷达数据(/scan)是用于生成地图的同步定位与地图绘制(SLAM)算法的主要输入；ToF数据(/image_raw)还可用作其他SLAM算法的输入。然后，move_base节点将等待用户发出任何目标姿态，并向ADI Trinamic电机控制器发送速度命令(/cmd_vel)，使机器人移动。

ADI Trinamic电机控制器ROS驱动程序

ADI Trinamic电机控制器(TMC)是用于嵌入式运动控制的完整板级解决方案，融合ADI Trinamic运动控制专业知识，以及ADI的模拟工艺技术和电源设计技能。¹支持单轴/多轴步进电机、无刷直流电机(BLDC)等各类电机，可用接口包括CAN、EtherCAT®、RS-232、RS-485和USB，支持的协议涵盖Trinamic运动控制语言(TMCL™)、CANopen® over EtherCAT (CoE)、CANopen或Modbus。¹

名为**TMCL-IDE**的IDE可帮助用户开发应用并对这些模块轻松重新编程。该IDE使用TMCL实现独立操作，或使用标准化CANopen®协议，允许用户设置参数、实时对数据进行可视化处理，并开发/调试独立应用。

由于TMC使新型智能执行器成为可能，并且随着ROS日益普及，尤其是在机器人领域，我们针对这些模块开发了额外支持，如ROS驱动程序，从而进一步扩展制造业和工业自动化的用例。具体来说，预计这些ROS驱动程序将能够：

- ▶ 控制电机的速度、位置或扭矩
- ▶ 监控电机控制器和电机信息

TMC ROS驱动程序与TMCL-IDE提供的功能相似，但它能够让支持ROS的系统节点轻松使用这些TMC，无需安装任何其他驱动程序。截至本文发表之时，该驱动程序仅支持CAN接口（特别是SocketCAN），其他接口正在开发中，很快也将提供支持。

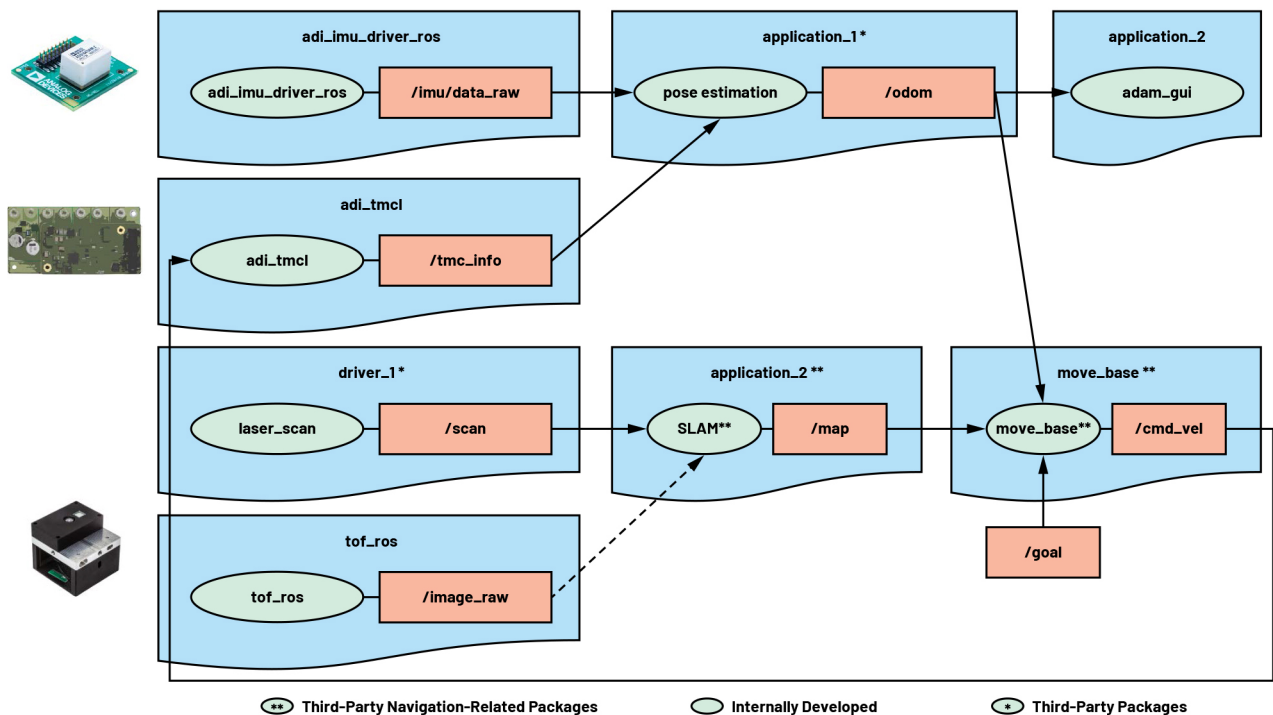


图6. ADAM导航堆栈的简化ROS架构。

此处列出了目前支持的ADI Trinamic电机控制器模块(TMCM)。

软件架构

图7所示为adi_tmcl的简化软件架构。

如图7所示，由于adi_tmcl使用大多数Linux系统默认支持的SocketCAN驱动程序，所以不需要任何额外的驱动程序。此外，adi_tmcl具

有自己的TMCL协议解析器，因而能够理解用户请求的符合TMCL的发送/接收命令。作为最后一层，tmcl_ros.node以发布者、订阅者和服务的形式在ROS系统上提供直接接口。每种形式均提供特定的功能，这些功能可使用以下部分详细介绍的一组参数进行配置。

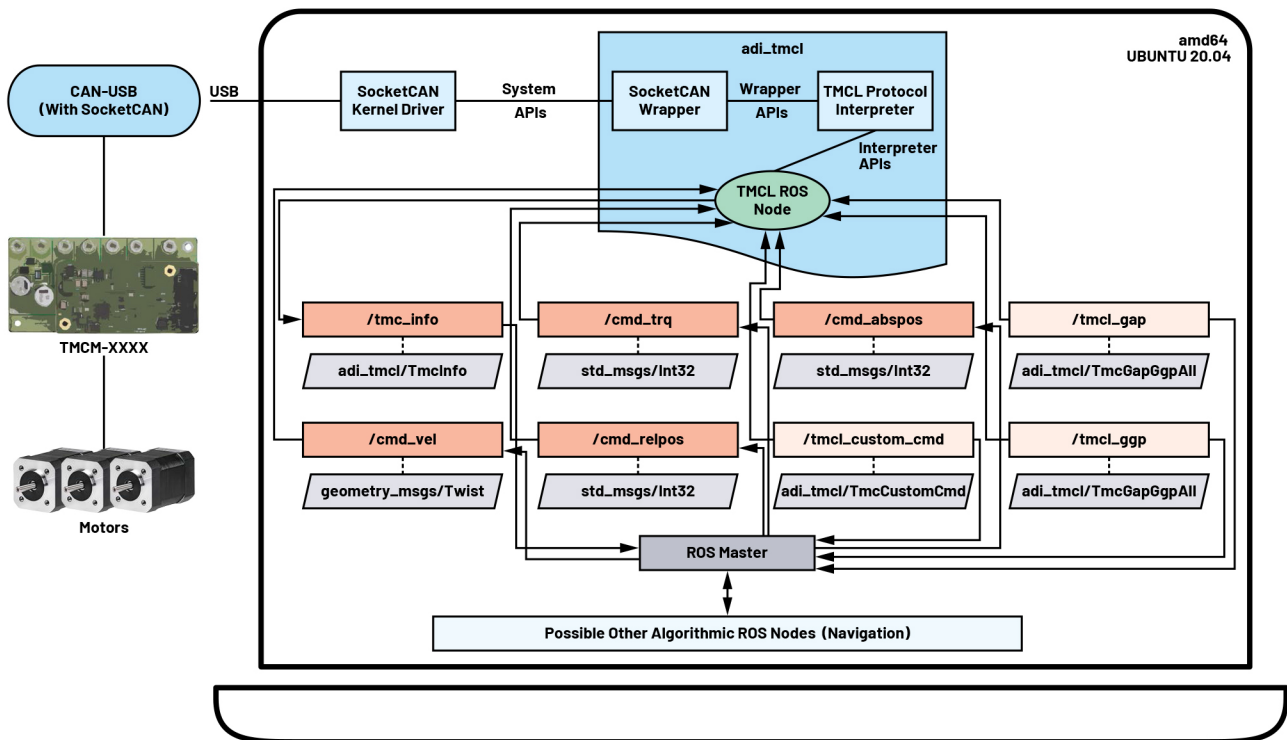


图7. adi_tmcl的简化软件架构。

特性

adi_tmcl提供一系列特性，包括：

1. 支持不同的TMC板
2. 使用TMCL-IDE对TMC模块进行一次性配置
3. 移动/停止电机
4. 能够获取TMC/电机信息
5. 执行自定义TMC命令
6. 能够获取所有轴参数值
7. 能够获取所有全局参数值
8. 支持多个TMC板设置
9. 轻松集成到ROS系统/应用中

敬请关注下月《模拟对话》中的文章“掌控搭载ROS1驱动程序的Trinamic电机控制器”，文中将详细探讨这些特性，并举例说明如何使用这些特性。

结论

利用ADI Trinamic电机控制器可实现新型智能执行器。随着ROS日益普及，尤其是在机器人领域，我们针对这些模块开发了额外支持，如ROS驱动程序，旨在进一步扩展制造业和工业自动化用例。

在本文中，我们展示了ROS如何扩展器件，带来以下优势：

- 提供附加价值，比如扩展工业应用；
- 通过ROS通信框架，与第三方产品可轻松实现互操作；

- 提供更广泛的选项，方便客户在其系统中选用ADI产品；以及
- 快速评估新技术并立即开始使用。欲了解更多信息，请访问ADI工业机器人页面。

有关更多信息，请访问ADI的[工业机器人](#)页面。

参考文献

¹ “[用于电机和运动控制的ADI Trinamic硬件](#)。” ADI公司

² “[ros2/ros2_documentation](#)。” GitHub, Inc.

³ “[了解ROS节点](#)。” ROS.org.

⁴ “[服务](#)。” ROS.org.

⁵ “[ROS-Industrial](#)。” ROS.org.

“[适合运动控制应用的工业通信协议和接口](#)。” ADI公司

探索永不停息

- 敬请关注有关ADI Trinamic电机控制器ROS1驱动程序的文章，深入了解相关信息
- 敬请关注未来发表的有关用于ADI Trinamic电机控制器的ROS2的文章
- 下载ADI Trinamic电机控制器[ROS1](#)和[ROS2](#)驱动程序
- 购买ADI Trinamic[电机](#)和[电机控制器](#)评估板



作者简介

Krizelle Paulene Apostol是一名软件系统工程师，她所在的ADI公司菲律宾开发中心与智能运动和机器人部门展开合作。她于2019年12月加入ADI公司，工作地点位于菲律宾甲米地。她毕业于菲律宾信心学院，获计算机工程学士学位。她曾参与众多项目，专注于ROS、Gazebo仿真、固件开发、通信协议和算法开发等领域。



作者简介

Jamila "Jam" Aria Macagba是一名高级软件系统工程师，她所在的ADI公司菲律宾开发中心与智能运动和机器人部门展开合作。她于2018年7月加入ADI公司，工作地点位于菲律宾甲米地。她毕业于菲律宾大学洛斯巴洛斯分校，获电气工程学士学位。她主要负责ROS系统中的ROS驱动程序开发与集成工作。



作者简介

Maggie是一名软件系统设计工程经理，她所在的ADI公司菲律宾开发中心与工业运动和机器人部门展开合作。她于2019年4月加入ADI公司，工作地点位于菲律宾甲米地。她毕业于菲律宾大学洛斯巴洛斯分校（位于菲律宾拉古纳），获计算机科学学士学位。她目前在菲律宾工厂率领工程师小组，为工业机器人项目提供支持。从2009年至2010年，Maggie在惠普担任应用专家；从2010年至2013年，在Canon Information Technologies Phils., Inc.担任高级软件工程师；从2013年至2015年，在Ionics EMS, Inc.担任固件开发工程师；从2015年至2019年，在新加坡大陆汽车公司担任高级嵌入式软件工程师。

